



УКРАЇНА

(19) UA (11) 58895 (13) U  
(51) МПК (2011.01)  
G01M 7/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ РЕЗОНАНСНОЇ ЧАСТОТИ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ

1

2

(21) u201012371

(22) 20.10.2010

(24) 26.04.2011

(46) 26.04.2011, Бюл.№ 8, 2011 р.

(72) ПУЗЬКО ІГОР ДАНИЛОВИЧ

(73) СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Спосіб визначення резонансної частоти елементів конструкції, за яким формують перший і другий режими дії на конструкцію збуджувальними коливаннями сигналу змінної по лінійному закону із постійними, але різними швидкостями  $V_1$ ,  $V_2$  зміни частоти, при кожному режимі збудження вимірюють різницю фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями елемента конструкції, при швидкості  $V_1$  зміни частоти фіксують першу частоту  $\omega_1^+$ , на якій сигнал коливання елемента конструкції відстає по фазі від сигналу збудження на величину  $\pi/2$ , після фіксації першої частоти  $\omega_1^+$  повторно формують другий режим і змінюють частоту сигналу збудження із другою постійною швидкістю  $V_2$  зміни частоти і фіксують другу частоту  $\omega_2^+$ , на якій сигнал коливання елемента конструкції відстає по фазі від сигналу збудження на величину  $\pi/2$ , додатково формують третій і четвертий режими дії на конструкцію збуджувальними коливаннями сигналу змінної по лінійному закону із постійними швидкостями  $V_1$ ,  $V_2$  зміни частоти, причому напрям зміни частоти в третьому і четвертому режимах протилежний напрямку зміни частоти в першому і другому режимах, фіксують третю і четвер-

ту частоти  $\omega_1^-$ ,  $\omega_2^-$  відповідно швидкостям  $V_1$ ,  $V_2$  зміни частоти, на яких сигнал коливання елемента конструкції випереджає по фазі сигнал збудження на величину  $\pi/2$ , фіксують типи характеристик - лінійної характеристики, нелінійної характеристики із жорсткою характеристикою відновлювальної сили та нелінійної характеристики з м'якою характеристикою відновлювальної сили, який **відрізняється** тим, що одночасно з фіксацією першої, другої, третьої і четвертої частот  $\omega_1^+$ ,  $\omega_2^+$ ,  $\omega_1^-$ ,  $\omega_2^-$  фіксують перше, друге, третє і четверте значення максимумів  $y_1^+$ ,  $y_2^+$ ,  $y_1^-$ ,  $y_2^-$  обвідних напіврозмахів коливань динамічних резонансних піків елемента випробуваної конструкції в першому, другому, третьому і четвертому режимах відповідно на частотах  $\omega_1^+$ ,  $\omega_2^+$ ,  $\omega_1^-$ ,  $\omega_2^-$  відповідно, притому фіксують тип лінійної характеристики і застосування джерела енергії відносно необмеженої (великої) потужності при виконанні умов  $\omega_2^+ > \omega_1^+$ ,  $\omega_1^- > \omega_2^-$ ,  $y_1^+ \approx y_1^-$ ,  $y_2^+ \approx y_2^-$  ( $V_2 > V_1$ ), фіксують тип лінійної характеристики і застосування джерела енергії відносно обмеженої (невеликої) потужності при виконанні умов  $\omega_2^+ > \omega_1^+$ ,  $\omega_1^- > \omega_2^-$ ,  $y_1^+ > y_1^-$ ,  $y_2^+ > y_2^-$ , крім того, тип нелінійної характеристики із жорсткою характеристикою відновлювальної сили фіксують при виконанні умов  $\omega_1^+ > \omega_2^+$ ,  $\omega_1^- > \omega_2^-$ ,  $y_1^+ > y_1^-$ ,  $y_2^+ > y_2^-$ , тип нелінійної характеристики з м'якою характеристикою відновлювальної сили фіксують при виконанні умов  $\omega_2^+ > \omega_1^+$ ,  $\omega_2^- > \omega_1^-$ ,  $y_1^+ < y_1^-$ ,  $y_2^+ < y_2^-$ .

Корисна модель відноситься до області машинобудівної, авіаційної і ракетно-космічної техніки і може бути застосована для визначення параметрів резонансних об'єктів.

Відомий спосіб визначення резонансної частоти елементів конструкції, за яким формують два режими дії на конструкцію збуджувальними коливаннями сигналу змінної із постійними але різними швидкостями  $V_1$ ,  $V_2$  зміни частоти сигналу збуджувальної дії в бік збільшення частоти, в кожному режимі збудження вимірюють різницю фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями елемента конструкції і фіксують частоти  $\omega_1^+$ ,  $\omega_2^+$  від-

повідно швидкостям  $V_1, V_2$  розгортки частоти, на яких коливання елемента конструкції відстають по фазі від збуджувальних коливань на величину  $\pi/2$  (Авт. св. СССР № 1633294, МПК G01M 7/00, 1987).

Недоліком відомого способу є обмежені функціональні можливості, що обумовлені відсутністю можливості визначення типу об'єкта - лінійний чи нелінійний.

За прототип вибрано спосіб визначення резонансної частоти елементів конструкції, за яким формують перший і другий режими дії на випробуваний об'єкт (конструкцію) збуджувальними коливаннями сигналу змінної по лінійному закону із

(13) U

(11) 58895

(19) UA

постійними але різними швидкостями  $V_1$ ,  $V_2$  зміни частоти, при кожному режимі збудження вимірюють різницю фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями елемента конструкції, при швидкості  $V_1$  зміни частоти фіксують першу частоту  $\omega_1^+$ , на якій сигнал коливання елемента конструкції відстає по фазі від сигналу збудження на величину  $\pi/2$ , після фіксації частоти  $\omega_1^+$  повторно формують другий режим і змінюють частоту сигналу збудження із другою постійною швидкістю  $V_2$  розгортки частоти і фіксують другу частоту  $\omega_2^+$ , на якій сигнал коливання елемента конструкції відстає по фазі від сигналу збудження на величину  $\pi/2$ , додатково формують третій і четвертий режими дії на конструкцію збуджувальними коливаннями сигналу змінної по лінійному закону із постійними швидкостями  $V_1$ ,  $V_2$  зміни частоти, причому напрям зміни частоти в третьому і четвертому режимах протилежний напрямку зміни частоти в першому і другому режимах, фіксують третю і четверту частоти  $\omega_1^-$ ,  $\omega_2^-$  відповідно швидкостям  $V_1$ ,  $V_2$  зміни частоти, на яких сигнал коливання елемента конструкції випереджає по фазі сигнал збудження на величину  $\pi/2$ , фіксують тип лінійної характеристики при виконанні умови  $\omega_2^+ > \omega_1^+$ ,  $\omega_1^- > \omega_2^-$  ( $V_2 > V_1$ ), фіксують тип нелінійної характеристики із жорсткою характеристикою відновлювальної сили при виконанні умови  $\omega_1^+ > \omega_2^+$ ,  $\omega_1^- > \omega_2^-$  ( $V_2 > V_1$ ), фіксують тип нелінійної характеристики з м'якою характеристикою відновлювальної сили при виконанні умови  $\omega_2^+ > \omega_1^+$ ,  $\omega_2^- > \omega_1^-$  ( $V_2 > V_1$ ). (Авт. св. СССР № 1744554, МПК G01M 7/00, 1992).

Недоліком відомого способу є обмежені функціональні можливості, обумовлені неможливістю визначення типу застосованого джерела енергії відносно обмеженої (невеликої) або відносно необмеженої (великої) потужності.

В основу корисної моделі поставлено завдання удосконалення способу визначення резонансної частоти елементів конструкції шляхом розширення функціональних можливостей за рахунок можливості визначення типу застосованого джерела енергії відносно обмеженої (невеликої) або відносно необмеженої (великої) потужностей шляхом проведення нових технологічних операцій по реєстрації і порівнянню значень максимумів обвідних напіврозмахів коливань динамічних резонансних піків при реалізації чотирьох режимів зміни частоти сигналу збуджувальної дії із двома постійними але різними швидкостями зміни частоти по лінійному закону.

Перший і другий режими формують при збільшенні частоти сигналу збуджувальної дії, третій і четвертий режими формують в бік зменшення частоти сигналу збуджувальної дії.

Поставлене завдання вирішується тим, що в способі визначення резонансної частоти елементів конструкції, за яким формують перший і другий режими дії на конструкцію збуджувальними коливаннями сигналу змінної по лінійному закону із постійними, але різними швидкостями  $V_1$ ,  $V_2$  зміни частоти, при кожному режимі збудження вимірюють різницю фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями елемента конструкції, при швид-

кості  $V_1$  зміни частоти фіксують першу частоту  $\omega_1^+$ , на якій сигнал коливання елемента конструкції відстає по фазі від сигналу збудження на величину  $\pi/2$ , після фіксації першої частоти  $\omega_1^+$  повторно формують другий режим і змінюють частоту сигналу збудження із другою постійною швидкістю  $V_2$  зміни частоти і фіксують другу частоту  $\omega_2^+$ , на якій сигнал коливання елемента конструкції відстає по фазі від сигналу збудження на величину  $\pi/2$ , додатково формують третій і четвертий режими дії на конструкцію збуджувальними коливаннями сигналу змінної по лінійному закону із постійними швидкостями  $V_1$ ,  $V_2$  зміни частоти, причому напрям зміни частоти в третьому і четвертому режимах протилежний напрямку зміни частоти в першому і другому режимах, фіксують третю і четверту частоти  $\omega_1^-$ ,  $\omega_2^-$  відповідно швидкостям  $V_1$ ,  $V_2$  зміни частоти, на яких сигнал коливання елемента конструкції випереджає по фазі сигнал збудження на величину  $\pi/2$ , фіксують типи характеристики - лінійної характеристики, нелінійної характеристики із жорсткою характеристикою відновлювальної сили та нелінійної характеристики з м'якою характеристикою відновлювальної сили, згідно з корисною моделлю, одночасно з фіксацією першої, другої, третьої і четвертої частот  $\omega_1^+$ ,  $\omega_2^+$ ,  $\omega_1^-$ ,  $\omega_2^-$  фіксують перше, друге, третє і четверте значення  $y_1^+$ ,  $y_2^+$ ,  $y_1^-$ ,  $y_2^-$  максимумів обвідних напіврозмахів коливань динамічних резонансних піків елемента випробуваної конструкції в першому, другому, третьому і четвертому режимах відповідно на частотах  $\omega_1^+$ ,  $\omega_2^+$ ,  $\omega_1^-$ ,  $\omega_2^-$  відповідно, причому фіксують тип лінійної характеристики і застосування джерела енергії відносно необмеженої (великої) потужності при виконанні умов  $\omega_2^+ > \omega_1^+$ ,  $\omega_1^- > \omega_2^-$ ,  $y_1^+ \approx y_1^-$ ,  $y_2^+ \approx y_2^-$  ( $V_2 > V_1$ ), фіксують тип лінійної характеристики і застосування джерела енергії відносно обмеженої (невеликої) потужності при виконанні умов  $\omega_2^+ > \omega_1^+$ ,  $\omega_1^- > \omega_2^-$ ,  $y_1^+ > y_1^-$ ,  $y_2^+ > y_2^-$ , крім того, тип нелінійної характеристики із жорсткою характеристикою відновлювальної сили фіксують при виконанні умов  $\omega_1^+ > \omega_2^+$ ,  $\omega_1^- > \omega_2^-$ ,  $y_1^+ > y_1^-$ ,  $y_2^+ > y_2^-$ , тип нелінійної характеристики з м'якою характеристикою відновлювальної сили фіксують при виконанні умов  $\omega_2^+ > \omega_1^+$ ,  $\omega_2^- > \omega_1^-$ ,  $y_1^+ < y_1^-$ ,  $y_2^+ < y_2^-$ .

Застосування запропонованого способу визначення резонансної частоти елементів конструкції разом з усіма суттєвими ознаками, включаючи відмінні, забезпечує можливість визначення типу резонансної характеристики - лінійна, нелінійна, а також типу застосованого джерела енергії відносно обмеженої (невеликої) або відносно необмеженої (великої) потужності за рахунок проведення нових технологічних операцій шляхом вимірювання і порівняння значень максимумів обвідних напіврозмахів коливань динамічних резонансних піків, що фіксують при реалізації чотирьох режимів зміни частоти сигналу збуджувальної дії.

Спосіб визначення резонансної частоти елементів конструкції реалізують на підставі наступного алгоритму.

1) Формують перший і другий режими вимушених коливань досліджуваної коливальної системи (конструкції) при зміні частоти сигналу збуджу-

вальної дії із постійними, але різними швидкостями  $V_1$ ,  $V_2$  відповідно зміни частоти сигналу збуджувальної дії при умові  $V_2 > V_1$  в бік збільшення частоти ( $\text{sign } V_1 = \text{sign } V_2 = 1$ ).

2) В першому і другому режимах фіксують першу і другу частоти  $\omega_1^+$ ,  $\omega_2^+$  максимумів обвідних напіврозмахів коливань динамічних резонансних піків і перше і друге значення  $y_1^+$ ,  $y_2^+$  максимумів обвідних напіврозмахів коливань.

3) Формують третій і четвертий режими вимушених коливань досліджувальної коливальної системи (конструкції) при зміні частоти сигналу збуджувальної дії із постійними, але різними швидкостями  $V_1$ ,  $V_2$  відповідно зміни частоти сигналу збуджувальної дії при умові  $V_2 > V_1$  в бік зменшення частоти ( $\text{sign } V_1 = \text{sign } V_2 = -1$ ).

4) В третьому і четвертому режимах фіксують третю і четверту частоти  $\omega_1^-$ ,  $\omega_2^-$  максимумів обвідних напіврозмахів коливань динамічних резонансних піків і третє і четверте значення максимумів  $y_1^-$ ,  $y_2^-$  обвідних напіврозмахів коливань.

5) Проводять порівняння зафіксованих значень частот  $\omega_1^+$ ,  $\omega_2^+$ ,  $\omega_1^-$ ,  $\omega_2^-$  максимумів і значень максимумів  $y_1^+$ ,  $y_1^-$ ;  $y_2^+$ ,  $y_2^-$  обвідних напіврозмахів коливань динамічних резонансних піків.

Новим в алгоритмі способу є проведення операції вимірювання, реєстрації і порівняння значень максимумів обвідних напіврозмахів коливань динамічних резонансних піків  $y_1^+$  та  $y_1^-$ ,  $y_2^+$  та  $y_2^-$ .

Спосіб визначення резонансної частоти елементів конструкції реалізують таким чином.

1) Установлюють досліджувальний об'єкт (конструкцію) на рухомій платформі вібростенда електродинамічного типу.

2) Реалізують чотири режими вимушених нестационарних коливань; в першому і третьому режимах частоту сигналу збуджувальної дії змінюють із першою постійною швидкістю  $V_1$  по лінійному закону; в другому і четвертому режимах частоту сигналу збуджувальної дії змінюють із другою постійною швидкістю  $V_2$  по лінійному закону; в першому і третьому режимах частоту сигналу збуджувальної дії проводять в бік збільшення частоти ( $\text{sign } V_1 = \text{sign } V_2 = 1$ ); в другому і четвертому режимах частоту сигналу збуджувальної дії проводять в бік зменшення частоти ( $\text{sign } V_1 = \text{sign } V_2 = -1$ ).

3) Фіксують значення частот  $\omega_1^+$ ,  $\omega_2^+$ ,  $\omega_1^-$ ,  $\omega_2^-$  максимумів і значення максимумів  $y_1^+$ ,  $y_2^+$ ,  $y_1^-$ ,  $y_2^-$  обвідних напіврозмахів коливань динамічних резонансних піків;

значення  $\omega_1^+$ ,  $y_1^+$  фіксують при умові  $\text{sign } V_1 = 1$ ;

значення  $\omega_2^+$ ,  $y_2^+$  фіксують при умові  $\text{sign } V_2 = 1$ ;

значення  $\omega_1^-$ ,  $y_1^-$  фіксують при умові  $\text{sign } V_1 = -1$ ;

значення  $\omega_2^-$ ,  $y_2^-$  фіксують при умові  $\text{sign } V_2 = -1$ .

4) За допомогою вимірювально-обчислювального комплексу проводять обробку інформаційного масиву зафіксованих значень сигналів  $\omega_1^+$ ,  $\omega_2^+$ ,  $\omega_1^-$ ,  $\omega_2^-$ ,  $y_1^+$ ,  $y_2^+$ ,  $y_1^-$ ,  $y_2^-$ .